ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JANVIER 1945.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur MAURICE NICLOUX,
par M. **MAURICE JAVILLIER**.

Par le décès de M. **MAURICE NICLOUX**, survenu à Annecy le 5 janvier dernier, la Biochimie connaît un grand deuil, car à cette science il avait consacré le meilleur de sa vie, lui apportant d'importantes contributions, catalysant le mouvement qui entraînait vers elle les jeunes intelligences, rédigeant encore en ces derniers mois ses récentes acquisitions, donnant à ses idées longuement mûries leur définitive expression.

Né à Paris en 1873, Nicloux est, en 1893, Ingénieur de l'École de Physique et de Chimie Industrielles; peu après, Licencié ès Sciences; puis, en 1900, Docteur en Médecine et, en 1906, Docteur ès Sciences. Attaché dès la vingtième année comme préparateur à la Chaire de Physiologie générale du Muséum d'Histoire Naturelle, il est, en 1899, Chef de Laboratoire, puis Agrégé de Chimie biologique à la Faculté de Médecine. Assistant au Muséum en 1908, il devient en 1919, quand l'Alsace retrouve sa place dans la Patrie française, titulaire de la Chaire de Chimie biologique de la Faculté de Médecine de Strasbourg.

Chimie biologique et Physiologie sont deux sciences si étroitement liées qu'il est difficile, et d'ailleurs sans intérêt, de dresser entre elles quelque limite précise. Les travaux de Nicloux, même lorsqu'il les classe sous la rubrique *Physiologie*, sont surtout d'inspiration chimique et ont requis, pour leur réalisation, des méthodes chimiques ou physicochimiques. Et c'est parce que Nicloux concentrait en lui la culture du physicien, du chimiste, du biologiste et du médecin qu'il a pleinement réussi.

A la base de presque tous ses travaux, l'on trouve l'institution de méthodes analytiques, disons mieux *microanalytiques*, car les biochimistes sont appelés à apprécier des substances qui souvent se trouvent dans les milieux physiologiques à l'état de grande dilution, et leurs prises d'essai ne peuvent être que restreintes. La microanalyse du carbone, du fer, de l'oxygène dissous, de

l'oxyde de carbone, du chloroforme et d'autres anesthésiques généraux, des alcools éthylique et méthylique, de l'aldéhyde formique, de l'urée etc. ont, entre ses mains, trouvé des réalisations élégantes et précises, moins peut-être dans les principes mêmes des techniques, que dans leur adaptation au but et la mise en œuvre d'un appareillage ingénieusement conçu et réalisé. Nicloux avait d'ailleurs vivement compris l'importance des méthodes microanalytiques pour le progrès des recherches chimiques en général; il avait institué, dans son Institut de Strasbourg, un enseignement de microanalyse qui fut suivi par maints chimistes français et étrangers, et il a inspiré à son collaborateur Welter la traduction française de l'ouvrage de Pregl.

Les recherches les plus nombreuses de Nicloux intéressent la physiologie et la biochimie animales. Dans l'impossibilité de toutes les relater, j'en résume trois parmi les plus dominantes.

Et d'abord ce qui a trait à la diffusion et à la combustion de l'alcool éthylique dans l'organisme. L'alcool, ingéré à l'état de dilution, diffuse rapidement. On le trouve dans tous les tissus, ainsi que dans la lymphe, la salive, la bile, le suc pancréatique, le liquide céphalorachidien, l'urine, le lait. Il passe de la mère au fœtus, déterminant un *alcoolisme congénital*. L'alcool est physiologiquement brûlé. Chez les pœcilothermes, placés entre 0 et 30°, il l'est dans des conditions telles que, pour tout intervalle de température de 10°, la valeur de la combustion est doublée; la règle de van't Hoff se trouve respectée. Chez les homéothermes, à la neutralité thermique, la quantité d'alcool brûlé par gramme du poids d'animal et par heure est constante, quelle que soit la quantité d'alcool injectée.

Un des plus brillants travaux de Nicloux a trait à l'oxyde de carbone et à l'hémoglobine oxycarbonée. L'oxyde de carbone déplace l'oxygène de l'oxyhémoglobine; inversement l'oxygène déplace à son tour, mais plus difficilement, l'oxyde de carbone de la carboxyhémoglobine. En présence d'un mélange d'oxygène et d'oxyde de carbone, l'hémoglobine se lie à ces deux gaz suivant un équilibre qui obéit à la loi d'action des masses. L'hyperbole qui traduit cette loi relie la quantité d'oxyde de carbone contenue dans le sang à la quantité d'oxyde de carbone contenue dans l'atmosphère gazeuse. Un volume d'oxyde de carbone agit comme 240 volumes d'oxygène; au contact d'un mélange d'une partie d'oxyde de carbone et de 240 parties d'oxygène, il se forme 50 % d'hémoglobine oxycarbonée et 50 % d'oxyhémoglobine. Le *coefficient d'empoisonnement* par l'oxyde de carbone, soit le rapport de l'hémoglobine oxycarbonée à l'hémoglobine totale, est, chez l'homme, dans le cas d'intoxication mortelle, de 0,66, c'est-à-dire que la mort survient lorsque les 2/3 de l'hémoglobine de la masse sanguine sont bloqués à l'état de carboxyhémoglobine. L'intoxication oxycarbonée peut être combattue par inhalation d'oxygène pur, ce qui favorise le déplacement du gaz toxique et l'enrichissement du plasma en oxygène dissous.

Non moins classique est le travail de Nicloux sur le chloroforme et d'autres anesthésiques généraux. Le chloroforme pénètre à l'état de vapeur dans le poumon ; le sang en fixe une partie ; le chloroforme est transféré aux tissus, qui s'en imprègnent. On peut distinguer les doses qui correspondent à l'anesthésie, à l'anesthésie confirmée, à l'anesthésie mortelle. Les tissus fixent des quantités variables d'anesthésique, la quantité fixée étant fonction de leur richesse en lipides. Les globules sanguins renferment plus de chloroforme que le plasma ; le chloroforme est partiellement décomposé dans l'organisme ; son élimination n'est pas extrêmement rapide. Le tableau n'est pas sans analogie, mais avec des différences nettes en ce qui concerne la répartition et l'élimination, lorsqu'il s'agit de l'éther, du chlorure d'éthyle, du protoxyde d'azote, de l'éthylène.

Des autres travaux de Nicloux se rattachant à la biochimie animale, je ne citerai que les suivants :

Solubilité des gaz et vapeurs dans les milieux physiologiques. Mise en évidence de l'oxyde de carbone et du glycérol dans le sang. Origine possible de l'oxyde de carbone sanguin : l'oxydation du glucose en milieu phosphaté à pH 7,4. Excrétion du glycérol. Transformation de l'hémoglobine en méthémoglobine et teneur en oxygène de celle-ci. L'acide cyanique n'est pas le précurseur physiologique de l'urée.

Nicloux avait touché avec même bonheur à la physiologie et à la biochimie végétales. Sa thèse de doctorat ès sciences s'intitule *Contribution à l'étude de la saponification des corps gras* et se rapporte à l'activité lipolytique du cytoplasme de la graine de Ricin. L'on sait que la graine germant s'acidifie et hydrolyse son huile en glycérol et acides gras. L'activité lipolytique est entièrement incluse dans le cytoplasme, que Nicloux arrive à isoler des autres éléments du contenu cellulaire par centrifugation en de certaines conditions. Ce cytoplasme a une activité remarquable. L'agent lipolytique est un *ferment soluble*. Curieux ferment soluble puisqu'il est, en fait, insoluble dans l'eau et même détruit par elle ! Je ne suis pas sûr que Nicloux ait, dès l'abord, pleinement réalisé que le réactif biologique mis en jeu est vraiment une *ase*, mais l'antagonisme qui est dans les mots *ferment soluble insoluble* avait séduit son esprit et dirigé son argumentation. Il a, au reste, pleinement reconnu que la substance active du cytoplasme se comporte par ailleurs exactement comme un agent diastasique.

Comme bien d'autres biochimistes, Nicloux s'est attaché à la question de l'aldéhyde formique chez les végétaux et il n'en a pu manifester la présence, malgré l'excellence de sa technique de dosage séparé de l'alcool méthylique et du formaldéhyde. La théorie de la synthèse chlorophyllienne des glucides, qui nous est restée longtemps si chère, ne trouvait dans ses constatations aucun point d'appui.

Les sols cultivés renferment une certaine quantité de carbone organique. Avant que l'on eût acquis la certitude que le véritable aliment carboné des

végétaux verts est l'anhydride carbonique atmosphérique, les agronomes attribuaient aux matières organiques un rôle important dans la nutrition carbonée. Bien que la question soit réglée dans ce qu'elle a d'essentiel, le carbone organique des sols conserve, à plus d'un égard, un grand intérêt agronomique. Sa détermination exacte a fait l'objet d'un de ces travaux minutieux et précis qui étaient dans les traditions de Maurice Nicloux. Sa méthode est encore une des meilleures que l'on puisse employer pour doser la *matière organique* des sols.

J'ai réservé pour la fin de ce rapide exposé la question de biochimie générale, qui a vivement préoccupé Maurice Nicloux dans ces dernières années, celle de *l'eau liée* des tissus. L'eau est un constituant prépondérant des êtres organisés; elle se rencontre chez eux sous divers états; pour une part elle manifeste ses propriétés solvantes habituelles, vis-à-vis de l'alcool par exemple; pour une autre part, non. Cette dernière part, c'est *l'eau liée*. Cherchant dans les faits de la Chimie générale les explications des faits biochimiques, Nicloux, suivant des conceptions apparentées à celles de notre Collègue M. Devaux, voit, dans les molécules des sels minéraux, des matières organiques, notamment des protéines en solutions concentrées, les agents de cette *liaison*. Nicloux a réuni sur cette question, qui éveillait en lui une curiosité passionnée, une documentation considérable. Cette documentation, nous ne la possédons pas encore intégralement. Elle est consignée dans un Ouvrage dont il achevait la rédaction et dont nous espérons que des mains pieuses assureront la parution.

Chercheur plein de foi et d'enthousiasme, professeur à la parole vibrante, nuancée et chaude, Maurice Nicloux a formé de nombreux élèves et des disciples qui l'honorent. Plusieurs occupent dès maintenant dans la Science une place éminente. Il savait créer autour de lui l'atmosphère qui soutient les courages, éveille les vocations, fait aimer la Science pour elle-même.

En 1914 manquait encore en France la Société susceptible de grouper les biochimistes, de leur rendre plus évidente leur personnalité, de recueillir et discuter amicalement leurs travaux, de les publier. La Société de Chimie biologique et son *Bulletin* sont nés de la volonté persévérante et du tact de Maurice Nicloux, aidé par une petite équipe de jeunes savants. Il lui a toujours témoigné une paternelle tendresse; il a créé un prix que la Société décerne avec l'espoir d'encourager chaque année une jeune vocation.

Membre associé de l'Académie de Médecine, Membre de diverses Sociétés savantes étrangères, il était, depuis 1936, Correspondant de l'Académie des Sciences pour sa Section de Chimie. Il eût été pleinement digne d'appartenir plus étroitement encore à notre Compagnie. Son mérite scientifique, son amour désintéressé de la connaissance, son dévouement à cette Université de Strasbourg dont il a eu la joie de voir poindre la libération, lui ont donné droit à notre particulière estime. Ses qualités morales, sa nature droite, affectueuse et généreuse lui ont assuré le fidèle attachement de ceux qui l'approchèrent et qui garderont pieusement sa mémoire.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Jules Richard**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, survenu à Monaco, le 24 janvier 1945.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur une anomalie présentée par les gaz soumis à l'action de diverses causes ionisantes.* Note (¹) de MM. **Georges Reboul** et **Gérard Vassails.**

Il a été précédemment signalé (²) que, lorsque de l'air a été soumis à l'action du rayonnement global d'une lampe à ultraviolet, on peut en extraire de gros ions et que, à partir du moment où l'insolation de l'air a cessé, le nombre des ions extraits commence d'abord par croître, passe par un maximum, puis diminue jusqu'à disparition totale, le gaz ne contenant plus alors que les charges dues à l'ionisation spontanée. Tout se passe en somme comme s'il persistait dans le gaz, après qu'il a été soumis à l'action de la lampe à vapeur de mercure, une cause ionisante qui produirait des ions de faible mobilité et s'évanouirait progressivement. Nous nous sommes proposé de rechercher quelle pouvait être cette cause et de voir si l'anomalie signalée était particulière à l'air et à la lumière ultraviolette.

Dans ce but l'expérience a d'abord été répétée avec le montage et les appareils utilisés précédemment. On a obtenu les mêmes résultats. Après que l'action de l'ultraviolet sur l'air a cessé, si l'on enlève, au moyen d'un champ convenable, les ions qui existent dans le gaz à ce moment-là, des ions réapparaissent progressivement; leur nombre croît, passe par un maximum, puis s'annule au bout de plusieurs minutes. L'action de la lumière ultraviolette semble avoir fait apparaître dans le gaz des germes sur lesquels se forment des ions, qui disparaissent ensuite par recombinaison.

L'explication la plus simple nous paraît se rattacher à un effet signalé il y a longtemps par M. Maurice de Broglie, qui l'a étudié dans sa Thèse (³). L'expérience lui a montré que, dans plusieurs circonstances d'ionisation des gaz, il se forme, en même temps que de gros ions de Langevin, des *centres neutres*, constitués par des conglomérats moléculaires à charge électrique nulle. Or ces centres neutres, en présence de petits ions, se transforment en gros ions de faible mobilité. C'est probablement ce qui se produit dans les expériences indiquées plus haut.

L'action de la lumière ultraviolette sur le gaz y produit des centres neutres qui continuent à persister quand on a drainé, par un champ électrique, toutes les charges qui s'y trouvaient. D'autre part l'ionisation spontanée, due au

---

(¹) Séance du 22 mai 1944.

(²) G. Reboul, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 2065.

(³) *Comptes rendus*, **144**, 1907, p. 563.

rayonnement émis par les armatures métalliques de la cage d'ionisation, produit les petits ions nécessaires à la transformation des centres neutres en gros ions.

Ces gros ions se recombinent moins vite que les petits ions qui leur ont donné naissance; leur nombre commence donc par croître, passe par un maximum et diminue progressivement à mesure que s'épuisent les centres neutres nécessaires à leur formation. Il arrive un moment où l'on ne peut plus extraire du gaz que les petits ions dus à l'ionisation spontanée.

L'anomalie observée serait en somme due au changement de nature subi par les ions de l'ionisation spontanée, qui, en présence des centres neutres se transforment en ions moins mobiles, se recombinant moins facilement et disparaissant par suite plus lentement.

Si cette explication est valable, on doit retrouver cette même anomalie toutes les fois qu'un gaz est soumis à une cause ionisante qui fait apparaître en son sein de gros ions de Langevin et des centres neutres de de Broglie. C'est bien ce que l'expérience a permis de vérifier.

Elle a été faite avec des gaz récemment préparés par voie chimique ou ayant barboté dans des liquides convenables, avec des gaz issus d'une flamme ou d'un appareil à effluves, avec de l'air soumis à l'action de rayons X mous ou du rayonnement d'une cellule semiconductrice etc. Les résultats sont plus ou moins accusés suivant la source ionisante employée, mais ils ont tous même allure que dans le cas de la lumière ultraviolette. Seuls des rayons X assez durs (filtrés par une lame d'aluminium de quelques millimètres), ou les rayons X des substances radioactives n'ont rien donné et ne présentent pas l'effet, probablement parce qu'ils ne produisent pas de centres neutres.

Si l'on remplace l'air par du gaz carbonique, on obtient des résultats analogues. D'autre part, quand on modifie la cause de production des petits ions, par exemple en changeant la nature du métal formant la cage d'ionisation, l'anomalie change d'intensité : elle est plus marquée lorsque l'ionisation spontanée est plus grande; ainsi avec des appareils en étain elle est plus forte qu'avec des récipients en zinc. Elle est plus forte également si l'on augmente l'ionisation spontanée en approchant de la cage d'ionisation une substance faiblement radioactive.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité des suffrages, MM. É. **Borel**, **Ch. Fabry**, **L. de Broglie**, pour la Division des Sciences mathématiques; **A. Lacroix**, **L. Blaringhem**, **A. Chevalier**, pour la Division des Sciences physiques, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par la mort de Sir *J. J. Thomson*.

CORRESPONDANCE.

L'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Rouen adresse des remercîments à l'Académie pour la sympathie qu'elle lui a exprimée à l'occasion de la célébration de son deuxième Centenaire.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Délégation générale, au Levant, de la France combattante. Section géologique. *Carte lithologique de la bordure orientale de la Méditerranée*, par Louis Dubertret.

Id. *Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième* (2e édition), par Louis Dubertret.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les nombres premiers représentables par des polynomes du second degré.* Note (¹) de M. Guy Wormser, présentée par M. Élie Cartan.

Nous conservons les notations employées dans une Note précédente (²).

Théorème 3. — *Si le polynome $f_{n,p}(x)$ satisfait aux conditions du théorème 1, et si, q étant un nombre entier quelconque, $f_{n,p}(q)$ est premier avec chacun des nombres $f_{n,p}(0)$, $f_{n,p}(1)$, ..., $f_{n,p}(q-2)$, $f_{n,p}(q-1)$, il est premier absolument.*

Démonstration. — Si $q < z_{n,p}$, le théorème est immédiat. Supposons $q > z_{n,p}$ et que $f_{n,p}(q)$, premier avec chacun des nombres $f_{n,p}(0)$, $f_{n,p}(1)$, ..., $f_{n,p}(q-2)$, $f_{n,p}(q-1)$, soit un nombre composé. Puisque $q > z_{n,p}$, on a

$$4q^2 - f_{n,p}(q) > 0.$$

Donc $f_{n,p}(q)$ admet un diviseur $d < 2q$. Mais alors la congruence

$$f_{n,p}(q) \equiv 0 \pmod d$$

entraîne

$$f_{n,p}(q-d) \equiv 0 \pmod d \quad \text{et} \quad f_{n,p}(d-q-1) \equiv 0 \pmod d.$$

On aboutit donc à un résultat contradictoire avec l'hypothèse de $f_{n,p}(q)$ premier avec tous les nombres $f_{n,p}(x)$ $(0 \leq x \leq q-1)$. Le théorème est donc démontré.

Remarque. — La congruence du second degré $f_{n,p}(x) \equiv 0 \,[\mathrm{mod}\, f_{n,p}(h)]$ admet les deux solutions

$$x = h + A f_{n,p}(h), \qquad x = -h - 1 + A f_{n,p}(h) \qquad (A, \text{ entier, positif ou nul}).$$

(¹) Séance du 30 octobre 1944.

(²) *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 241. M. Krasner m'a fait bénéficier de plusieurs remarques.

L'inspection de ces formules montre que la congruence ne peut être satisfaite par aucun nombre x de l'intervalle $0 \leq x < p-1$ autre que h.

Le théorème et la remarque qui précèdent facilitent l'extension du théorème 1.

Théorème 4. — *Si $f_{n,p}(x)$ satisfait aux conditions du théorème 1, $f_{n,p}(x)$ est un nombre premier pour tout nombre entier x tel que $Z_{n,p} < x < p-1$.*

Démonstration. — Soit q le plus petit entier de l'intervalle $(Z_{n,p}, p-1)$ tel que $f_{n,p}(q)$ soit composé. En vertu du théorème 3, $f_{n,p}(q)$ admet un diviseur commun avec un des nombres $f_{n,p}(0)$, $f_{n,p}(1)$, ..., $f_{n,p}(q-1)$. Mais ces nombres sont tous premiers et tous plus petits que $f_{n,p}(q)$.

Donc $f_{n,p}(q)$ est multiple d'un nombre $f_{n,p}(h)$ $(0 \leq h \leq q-1)$. Mais alors la congruence $f_{n,p}(x) \equiv 0 \ [\bmod f_{n,p}(h)]$ est satisfaite pour deux nombres entiers positifs de l'intervalle $[0, p-1]$, ce qui, en vertu de la remarque faite plus haut, est impossible. Le théorème est donc démontré.

Dans une étude dont nous avons eu récemment connaissance ([3]), l'auteur, s'appuyant sur l'existence de nombreuses remarques empiriques, exprime l'avis qu'il existe des suites semblables l'une aux autres dans la série des nombres premiers.

Remarque. — *La fréquence des nombres premiers dans les suites $f_{n,p}(x)$ correspondant aux diverses valeurs possibles pour p pourrait être en rapport direct avec le logarithme de p.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les tenseurs à dérivées covariantes nulles.* Note de M. Pierre Samuel, présentée par M. Élie Cartan.

D'après le théorème de Ricci, les dérivées covariantes du tenseur métrique $g_{\alpha\beta}$ d'un espace de Riemann sont nulles. Nous allons chercher s'il existe d'autres tenseurs à dérivées covariantes nulles. Nous utiliserons les notations de M. Schouten ([1]). Nous étudierons un tel tenseur sous la forme mixte b_α^β, et nous supposerons, ce qui est vrai en général, que ce tenseur est réductible à la forme diagonale $\underset{\alpha}{s}\,\delta_\alpha^\beta$.

Il faut alors

$$\nabla_\gamma b_\beta^\alpha = \delta_\beta^\alpha \partial_\gamma \underset{\beta}{s} + \left(\underset{\beta}{s} - \underset{\alpha}{s}\right)\Gamma_{\gamma\beta}^\alpha,$$

d'où

$$\underset{\alpha}{s} = \text{const.} \quad \text{et} \quad \Gamma_{\gamma\alpha}^\beta = 0 \quad \text{si } \underset{\beta}{s} \neq \underset{\alpha}{s}.$$

Si λ, μ, ν sont les directions relatives à une valeur propre $\underset{\lambda}{s}$, et a, b, c les autres,

$$\Omega_{\lambda\mu}^{a} = \Gamma_{\lambda\mu}^{a} - \Gamma_{\mu\lambda}^{a} = 0 \quad \text{et} \quad \Omega_{ab}^{\lambda} = 0.$$

Les deux systèmes $\partial_\lambda f = 0$ et $\partial_a f = 0$ sont donc complets et nous pourrons

---

([3]) Pierre Poirier, *Le hasard et les nombres premiers*, Paris, 1943.

([1]) *Einführung in die neueren Methoden der Differentialgeometrie*, Groningen, 1935.

prendre un repère holonome dont les premiers axes sont des directions propres relatives à $\underset{\lambda}{s}$, les autres dans le sous-espace des autres directions propres. Par applications répétées, nous obtiendrons un repère holonome formé de directions propres de b^{β}_{α}. Tout ceci est valable pour un espace à connexion affine sans torsion.

Si $b_{\alpha\beta} = g_{\alpha\sigma} b^{\sigma}_{\beta}$ est symétrique, les directions propres relatives à deux valeurs propres distinctes sont orthogonales, $g_{a\lambda} = 0$. On en déduit

$$\partial_a g_{\lambda\mu} = g_{\lambda\alpha}\Gamma^{\alpha}_{a\mu} + g_{\mu\alpha}\Gamma^{\alpha}_{a\lambda} = 0.$$

Le ds^2 est décomposé en une somme d'éléments linéaires indépendants

$$ds^2 = d\sigma_1^2 + \ldots + d\sigma_k^2,$$
$$b_{\alpha\beta}\, du^{\alpha}\, du^{\beta} = s_1\, d\sigma_1^2 + \ldots + s_k\, d\sigma_k^2.$$

Ce problème est équivalent à celui des multivecteurs stables (voir É. Cartan, *Géométrie des espaces de Riemann*, p. 54). Nous retrouvons le théorème énoncé dans cet Ouvrage.

Dans le cas général nous dirons que deux indices relatifs à une même valeur propre sont de même genre. $\Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta}$ est nul dès qu'il a deux indices de genres différents $\left(\text{car } \Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta} \overset{h}{=} \Gamma^{\gamma}_{\beta\alpha}\right)$. Considérons les relations

$$(1) \qquad \partial_{\alpha} g_{\beta\gamma} = g_{\beta\sigma}\Gamma^{\sigma}_{\alpha\gamma} + g_{\gamma\sigma}\Gamma^{\sigma}_{\alpha\beta},$$

qui sont équivalentes aux expressions des Γ en fonction des g. On déduit de la nullité des $\Gamma^{a}_{\alpha\lambda}$ que $g_{\lambda\mu}$ ne dépend que des u^{λ}, et $g_{\lambda a}$ que des u^{a} et des u^{λ}. Considérons maintenant le système, déduit de (1),

$$(2) \qquad \partial_{\lambda} g_{\mu a} = g_{\sigma a}\Gamma^{\sigma}_{\lambda\mu} = g_{\nu a}\Gamma^{\nu}_{\lambda\mu}.$$

Considérons d'abord une valeur propre correspondant aux indices λ, μ, ν, ρ, telle que $|g_{\lambda\mu}| \neq 0$, et, si $|g_{\lambda\mu}| = 0$, l'ensemble de la valeur propre et de sa conjuguée, ce qui détermine un sous-espace réel, donc tel que $|g_{\lambda'\mu'}| \neq 0$. En tous cas on déduit par résolution de (1) que les $\Gamma^{\nu}_{\lambda\mu}$ ne dépendent que des u^{λ} $[\text{car } g_{\nu\rho}\Gamma^{\nu}_{\lambda\mu} = (1/2)(\partial_{\lambda} g_{\mu\nu} + \partial_{\mu} g_{\lambda\nu} - \partial_{\lambda} g_{\mu\nu})]$. Le système $\partial_{\lambda} p_{\mu} = p_{\nu}\Gamma^{\nu}_{\lambda\mu}$ a des solutions linéairement indépendantes $\underset{i}{p_{\mu}}(u^{\alpha})$ qui sont stables et seront prises pour premiers vecteurs de coordonnées

$$g_{\lambda\mu}\, du^{\lambda}\, du^{\mu} = (du^1)^2 + \ldots + (du^2)^2 + d\sigma^2;$$

(2) a alors pour solution $g_{\mu a} = \sum_i \underset{i}{A_a}(u^a)\underset{i}{p_{\mu}}$. Pour une direction ρ du $d\sigma^2$: $g_{\rho a} = 0$ car, $\underset{i}{p_{\rho}} = 0$.

Pour les directions des vecteurs stables $g_{a\mu}$ est indépendant des u^{μ}, car $\underset{i}{p_{\mu}}$ ne prend que les valeurs 0 et 1. En le regardant par les deux bouts nous voyons

que $g_{\lambda a}$ est constant et n'est différent de zéro que si les directions λ et a sont stables. D'où une décomposition du ds^2 :

1° les directions stables donnant un ds_1^2 euclidien;

2° des groupes de directions telles que $|g_{\lambda\mu}| \neq 0$ et relatives à une même valeur propre;

3° des directions relatives à deux valeurs propres conjuguées s et $\bar{s}$.

Seules ces dernières donnent quelque chose de nouveau. Soient λ, μ, ... les directions relatives à s; $\bar{\lambda}$, $\bar{\mu}$, ... celles relatives à $\bar{s}$. On a $|g_{\lambda\mu}| = 0$ et nous pouvons supposer ce déterminant formé exclusivement de zéros, car, avec un repère convenable (que l'on montre être holonome), une partie des directions coordonnées se comporte comme si elle était à déterminant non nul et peut donc être éliminée par décomposition du ds^2. Donc $g_{\lambda\mu} = g_{\bar{\lambda}\bar{\mu}} = 0$. Les conditions $\Gamma^{\nu}_{\bar{\lambda}\bar{\mu}} = \Gamma^{\bar{\nu}}_{\lambda\mu} = 0$ sont toujours vérifiées. On a aussi $\Gamma^{\bar{\nu}}_{\lambda\bar{\mu}} = \Gamma^{\nu}_{\lambda\bar{\mu}} = 0$ si $n = 2$. En général elles impliquent

$$\partial_{\lambda} g_{\mu\bar{\nu}} - \partial_{\mu} g_{\lambda\bar{\nu}} = 0, \qquad \partial_{\bar{\lambda}} g_{\bar{\mu}\nu} - \partial_{\bar{\mu}} g_{\bar{\lambda}\nu} = 0,$$

ce qui se résout par $g_{\lambda\bar{\mu}} = \partial_{\lambda\bar{\mu}} \mathrm{H}$.

Les composantes de b sont alors

$$b^{\mu}_{\lambda} = s\,\delta^{\mu}_{\lambda}, \qquad b^{\bar{\mu}}_{\bar{\lambda}} = \bar{s}\,\delta^{\bar{\mu}}_{\bar{\lambda}}, \qquad b^{\bar{\mu}}_{\lambda} = 0, \qquad b_{\lambda\mu} = b_{\bar{\lambda}\bar{\mu}} = 0, \qquad b_{\bar{\lambda}\mu} = s g_{\bar{\lambda}\mu}, \qquad b_{\lambda\bar{\mu}} = \bar{s} g_{\lambda\bar{\mu}}.$$

La fonction H doit être à valeurs réelles si l'espace est réel. Une variété de translation engendrée au moyen de deux variétés totalement isotropes de l'espace euclidien (variété qui généralise les surfaces minima et a ses courbures principales deux à deux opposées) a un ds^2 de ce type. Il en est de même des métriques intrinsèques introduites par S. Bergmann dans les domaines bornés de l'espace de p variables complexes, comme me l'a fait remarquer M. Élie Cartan. Il m'a aussi indiqué que l'on pouvait traiter le cas où le tenseur b est antisymétrique par des considérations sur les formes différentielles extérieures.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur une mécanique des fluides compressibles basée sur le remplacement du champ de vitesse par le champ de quantité de mouvement.* Note ([1]) de M. **Robert Silber**, présentée par M. Henri Villat.

Les théories de l'aérodynamique basées sur l'hypothèse d'incompressibilité apparaissent d'une approximation de plus en plus arbitraire à mesure que l'aviation progresse. Nous avons proposé de nous libérer de cette servitude en remplaçant la considération du champ de vitesse par celle d'un champ de quantité de mouvement. Le remplacement de $\operatorname{div}\vec{V} = 0$ par $\operatorname{div}\overrightarrow{\rho V} = 0$ n'a pas besoin de justification. Celui de $\operatorname{rot}\vec{V} = 0$ par $\operatorname{rot}\overrightarrow{\rho V} = 0$ est plus délicate.

([1]) Séance du 10 juillet 1944.

1° La principale justification de l'irrotationnalité et du tourbillon classique est la justification mécanique de Stokes. Si nous imaginons une sphère fluide infiniment petite que l'on solidifie brusquement en anéantissant le fluide extérieur, elle prendra une vitesse de rotation instantanée égale (à la limite si le rayon tend vers zéro) au vecteur tourbillon. Ce résultat suppose *implicitement* que le fluide est incompressible, et le calcul rigoureux fait apparaître *non le tourbillon des vitesses* mais le *tourbillon des quantités de mouvement*.

Le calcul classique considère la masse spécifique comme constante et égale à la valeur au centre, ρ, et remplace les composantes des vitesses par leurs développements en séries, arrêtés au premier ordre. Le calcul rigoureux remplacera les fonctions ρ', u', ... par leurs développements en séries

$$\rho' u' = \rho u + h\frac{\partial \rho u}{\partial x} + k\frac{\partial \rho u}{\partial y} + l\frac{\partial \rho u}{\partial z} + \ldots, \qquad \ldots,$$

ce qui nous donne, comme projection du moment cinétique sur l'axe des x,

$$\iiint \left[k\left(\rho w + h\frac{\partial \rho w}{\partial x} + \ldots\right) - l\left(\rho v + h\frac{\partial \rho v}{\partial x} + \ldots\right)\right] d\tau = \frac{4}{3}\frac{\pi R^5}{5}\left[\frac{\partial \rho w}{\partial z} - \frac{\partial \rho v}{\partial z}\right],$$

soit un moment cinétique

$$\frac{8}{3}\frac{\pi R^5}{5} \times \frac{1}{2}\overrightarrow{\mathrm{rot}\,\rho \vec{V}}.$$

Le moment d'inertie de la sphère, *non homogène*, par rapport à l'axe des x,

$$I_x = \iiint (k^2 + l^2)\rho' d\tau = \iiint (k^2 + l^2)\left(\rho + h\frac{\partial \rho}{\partial x} + \ldots\right) d\tau$$
$$= \iiint (k^2 + l^2)\,\rho\, d\tau = \frac{8}{3}\frac{\pi R^5}{5}\rho = I_y = I_z = I,$$

est égal, aux termes du deuxième ordre près en h, k, l, au moment d'inertie de la sphère supposée homogène et de masse spécifique ρ. Le moment cinétique

$$\frac{I}{\rho}\frac{1}{2}\overrightarrow{\mathrm{rot}\,\rho V}$$

doit se conserver après solidification. Par conséquent la sphère prendra un mouvement de rotation caractérisé par une quantité de mouvement instantanée de rotation, dont la valeur tend vers la valeur du tourbillon des quantités de mouvement au centre de la sphère. Nous pouvons opposer, à la décomposition classique des vitesses, une décomposition des quantités de mouvement

$$(\rho V)' = (\rho V) + \frac{1}{2}\overrightarrow{\mathrm{rot}(\rho V)} \wedge \overrightarrow{MM'} + \mathrm{grad}\,\Phi.$$

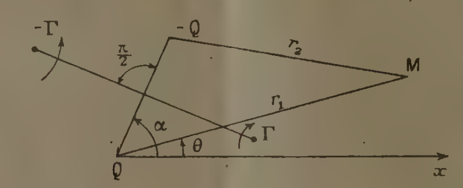
2° Limitons-nous au cas de l'écoulement plan. Tout écoulement est constitué par la superposition d'écoulements simples : sources, doublets, tourbillons. Nous allons établir, par un raisonnement de bon sens, la forme analytique de

l'écoulement d'une source, puis en combinant deux sources, celle du doublet et ensuite, à partir du doublet, celle du tourbillon.

Par raison de symétrie, la vitesse radiale et la masse spécifique ne dépendent que de la distance r. On doit retrouver le débit en masse Q de la source comme flux en masse à travers une courbe fermée entourant une fois le centre

$$Q = \int_0^{2\pi} \rho(r)\,V(r)\,r\,d\theta = 2\pi r\,\rho(r)\,V(r), \qquad \text{d'où } (\rho V) = \frac{Q}{2\pi r}.$$

La quantité de mouvement dépend d'un potentiel $\varphi = (Q/2\pi)\log r$, ayant



même expression formelle que le potentiel des vitesses dans le cas du fluide incompressible, le débit en masse Q ayant remplacé le débit en volume.

Le *doublet* aura un potentiel des quantités de mouvement

$$\varphi = \frac{Q}{2\pi}(\log r_1 - \log r_2) = \frac{Q}{2\pi}\,\frac{\varepsilon\cos(\alpha-\theta)}{r_2} \to \frac{m\cos(\alpha-\theta)}{r}, \qquad \text{si } \frac{Q}{2\pi}\varepsilon \to m.$$

Le *tourbillon* ponctuel produit un champ tel que la vitesse, perpendiculaire au rayon vecteur, et la masse spécifique ne dépendent que du rayon. Deux tourbillons de signes contraires et d'intensités égales tendant l'un vers l'autre dans la direction $\alpha + (\pi/2)$, doivent redonner le doublet. Le tourbillon dérivera donc d'un potentiel de quantité de mouvement

$$\varphi = A\theta = \frac{\Gamma}{2\pi}\theta, \qquad \text{avec } \Gamma = \int_c \rho V\,ds = \int_c \frac{1}{r}\frac{\partial\varphi}{\partial\theta}\,ds = \int_c d\varphi = 2\pi A,$$

ayant la même *expression formelle* que dans le cas du fluide incompressible.

Nous sommes donc conduit à substituer la quantité de mouvement à la vitesse, le flux en masse au flux en volume, la circulation des quantités de mouvement à la circulation des vitesses. Aux relations vectorielles fondamentales $\operatorname{div}\overrightarrow{V} = 0$, $\operatorname{rot}\overrightarrow{V} = 0$, se substituent les relations fondamentales nouvelles, $\operatorname{div}\overrightarrow{\rho V} = 0$, $\operatorname{rot}\overrightarrow{\rho V} = 0$, permettant l'utilisation des fonctions harmoniques, des fonctions analytiques, de la représentation conforme et par conséquent une transposition complète, libérée de l'hypothèse d'incompressibilité.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la connexion aléatoire d'un fluide. Application à la turbulence.* Note de MM. **Jean Bass, Georges Dedebant** et **Philippe Wehrlé**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons montré [1] comment à tout vecteur aléatoire $X(t)$ admettant une dérivée aléatoire $U(t)$ en moyenne quadratique, on pouvait faire correspondre une densité et un champ de vitesses aléatoires. Si le vecteur vitesse $U(t)$ est lui-même dérivable, le champ de vitesses vérifie des équations hydrodynamiques et thermodynamiques dans lesquelles les grandeurs physiques classiques (vitesse d'ensemble, tensions, entropie, température, conduction *calorifique*) ont une interprétation purement statistique, sans autres hypothèses abstraites ou concrètes que la double dérivabilité.

Nous nous proposons d'élargir ce point de vue. Nous supposons qu'on ait défini les vecteurs position $X(t)$ et vitesse $U(t)$ d'un corpuscule aléatoire [2]. Pour caractériser le vecteur aléatoire $V(t)$ à 6 dimensions ayant pour composantes $X_K(t)$, $U_K(t)$, il ne suffit pas de se donner la densité de probabilité de ses 6 composantes à l'instant t. Il est indispensable d'introduire les vecteurs successifs $V(t_1)$, $V(t_2)$, $\ldots$, $V(t_n)$ correspondant à n instants distincts. Ces vecteurs ne sont pas indépendants; il existe entre eux une dépendance stochastique (corrélation).

Nous appelons connexion la corrélation entre les valeurs d'une fonction aléatoire en deux instants successifs. Le coefficient de connexion joue un rôle essentiel dans la théorie des fonctions aléatoires. Nous allons étudier ici les diverses lois de probabilité qu'engendre la loi de probabilité générale des 12 composantes des vecteurs $V(t_1)$ et $V(t_2)$.

Soit $G(x, y, u, v; t_1, t_2)$ la loi de probabilité des positions et des vitesses aux instants t_1 et t_2.

a. Les lois corpusculaires s'obtiennent à partir de G par application du théorème des probabilités totales :

1° loi de probabilité $g(x, y; t_1, t_2) = \int G\, du\, dv$ des positions seules aux deux instants t_1, t_2;

2° loi de probabilité $F(x, u; t) = \int G\, dy\, dv$ de la position et de la vitesse à l'instant t;

3° loi de la probabilité $\rho(x, t) = \int g\, dy = \int F\, du$ de la position seule à l'instant t.

b. Les lois de champ s'obtiennent par application du théorème des proba-

---

(1) G. Dedebant, J. Moyal et Ph. Wehrlé, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 243.

(2) Nous n'avons pas ici à supposer que la vitesse soit dérivable, ni même qu'elle soit la dérivée aléatoire de la position.

bilités composées. Ce sont des lois liées de vitesse, une fois choisies les positions correspondantes. Nous citerons les suivantes :

1° loi de probabilité liée $\mathcal{F}(u, v \mid x, y, t_1, t_2) = G/g$ des vitesses aux instants t_1, t_2, une fois connues les positions à ces deux instants;

2° loi de probabilité liée $f(u \mid x, t_1) = F/\rho$ de la vitesse à l'instant t_1, une fois connue la position x à cet instant.

c. Les *lois de passage* sont encore des lois de probabilité liées, mais d'une autre nature. La plus simple (dont le rôle est bien connu dans la théorie des probabilités en chaîne par exemple) est la loi de probabilité $P(y \mid x, t_1, t_2)$ de la position y à l'instant t_2, une fois connue la position x à l'instant t_1.

La loi P correspond à une réalité physique. Elle définit la distribution, à l'instant t_2, de celles des particules du fluide représentatif qui, à l'instant t_1, passaient au voisinage d'un point x. Ces particules constituent un sous-corpuscule réparti dans le corpuscule complet avec une densité propre P. L'expérience qui permet de définir P est *toute différente* de celle qui consisterait à modifier le mouvement naturel du fluide pour le faire passer par un orifice de position x à l'instant t_1 et à étudier ensuite sa répartition statistique à l'instant t_2. Il s'agirait toujours là du fluide global et de sa densité ρ, $\rho(t_1)$ étant la loi de probabilité dégénérée d'une variable qui cesse provisoirement d'être aléatoire.

Relations entre les diverses lois de probabilité. — On voit que

$$G = \mathcal{F} P \rho, \qquad f = \int \mathcal{F} P \, dy \, dv.$$

Application à la turbulence. — Nous avons interprété ([3]) en langage aléatoire le tenseur de corrélation de Karman et nous avons montré que la définition de la turbulence exigeait l'introduction d'autres tenseurs. Nous pouvons maintenant justifier et préciser définitivement notre point de vue.

Représentons le fluide turbulent par un corpuscule aléatoire et décrivons-le par la fonction $G(x, y, u, v, t_1, t_2)$. La formule $G = \mathcal{F} P \rho$ montre que la turbulence est définie par :

a. la loi de probabilité de présence $\rho(x, t)$ du corpuscule ou densité du fluide;

b. la loi de probabilité de *champ* $\mathcal{F}(u, v \mid x, y, t_1, t_2)$, qui contient en particulier les tenseurs de corrélation dans l'espace (tenseur de Karman) et dans le temps. La fonction $\mathcal{F}$ correspond *au point de vue d'Euler;*

c. la loi de probabilité de *passage* P, qui correspond au *point de vue de Lagrange* et représente la diffusion du fluide en lui-même.

Nous avons montré ([2]) que l'ensemble des équations mécaniques d'un fluide n'en réalisait qu'une description incomplète, et qu'un premier progrès dans la représentation mathématique d'un fluide était d'introduire la loi de probabilité de champ $f(u \mid x, t)$. Ce point de vue était encore trop restreint,

---

([3]) G. DEDEBANT et PH. WEHRLÉ, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 625.

puisqu'il ne tenait pas compte de la *connexion dans le temps*. Nous savons maintenant rattacher les idées de Taylor et von Karman à un concept plus général et plus précis, grâce auquel nous pouvons énoncer et définir avec précision tous les éléments statistiques qui sont *a priori* indispensables pour connaître un fluide turbulent.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur le coefficient de résistance d'un cylindre circulaire d'envergure infinie dans un écoulement turbulent rapide*. Note [1] de M. **Louis Viaud**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons déterminé la résistance d'un cylindre par intégration des pressions le long d'un cercle, section droite d'un cylindre circulaire de 3^{mm} de diamètre traversant un canal de 60^{mm}.

Les mesures de pression étaient obtenues par rotation d'un orifice de 5/10 de millimètre pratiqué dans les parois du cylindre.

La vitesse du courant d'air a varié de 65 à 200 m:s. La turbulence était créée par des grillages placés à 24^{cm} en amont du cylindre (4 fois le diamètre du canal).

Le coefficient de résistance C_x était donné par la relation

$$C_x = \frac{R_x}{\frac{\rho}{2} S V^2};$$

V, vitesse de référence (vitesse dans la section expérimentale en l'absence d'obstacles);
S, surface de référence;
ρ, masse spécifique de l'air dans la veine.

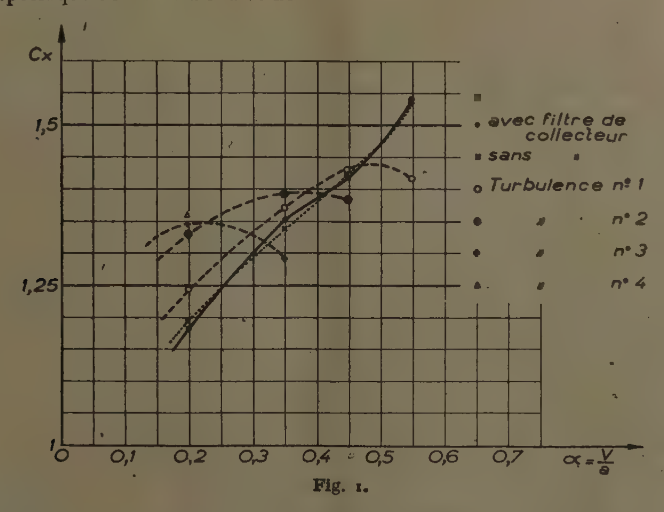


Fig. 1.

Nous avons représenté sur la figure 1 la variation de ce coefficient en fonction

[1] Séance du 27 décembre 1944.

du nombre de Mach. On constate que, dans ce domaine de vitesse, le coefficient de résistance croît linéairement, mais, lorsque l'écoulement est turbulent, ce coefficient passe par une valeur maximum.

Le maximum est d'autant plus faible et a lieu pour une valeur plus faible du nombre de Mach que la turbulence est plus grande.

Sur la figure 2 nous avons représenté, avec les résultats de nos mesures,

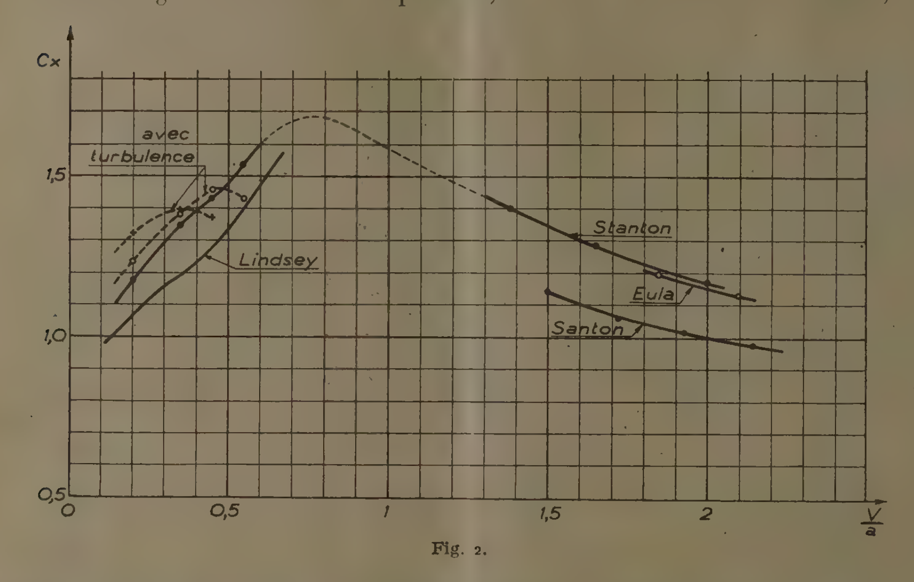


Fig. 2.

ceux obtenus par différents expérimentateurs [2] en l'absence de turbulence artificielle. De l'ensemble des résultats dans les deux domaines de vitesses étudiés, l'on est amené à penser que le coefficient de résistance du cylindre doit passer par une valeur maximum (courbe en pointillé). Ceci est en accord avec les résultats obtenus sur les projectiles.

Dans ces conditions la présence de turbulence provoquerait une réduction et un déplacement vers les faibles nombres de Mach du maximum du coefficient de résistance.

Cette propriété pourrait, en particulier, être utilisée pour indiquer le degré de turbulence d'un écoulement, en utilisant par exemple le nombre de Mach correspondant au maximum de C_x. Ce nombre serait voisin de 1 dans les écoulements sans turbulence et diminuerait lorsque la turbulence augmenterait.

([2]) Lindsey, *Nat. Advisory Com. for Aeronautics*, Rap. **619**, 1938; Stanton, *Aéro. Research. Com.*, Rap. and Mem. n° **1210**, 1938; Santon, *Publ. scient. et tech. du Min. de l'Air*, n° 68, 1935; Eula, *Aerotechnica*, janvier 1940, traduction technique du Groupement français de recherches aéronautiques n° **176**.

ÉLECTROCINÉTIQUE. — *Irrégularités permanentes des courants supposés continus.* Note [1] de M. **Édouard Selzer**, présentée par M. Charles Maurain.

De nombreuses expériences et mesures nécessitent des courants constants, de l'ordre de l'ampère. On prend en général des batteries d'accumulateurs largement calculées, on les monte suivant un des dispositifs classiques de compensation [2], on évite les mauvais contacts et les variations de température. Des mesures de grande précision ont ainsi été faites, telles que la détermination absolue de l'ampère international.

L'expérience nous a montré cependant que de tels courants présentaient de manière permanente, à raison de plusieurs centaines par minute, de petites irrégularités dont l'amplitude peut atteindre quelques 10^{-5} en valeur relative. Les équilibres réalisés au moyen d'électrodynamomètres ou de tout appareil d'inertie suffisante, n'en paraissent pas affectés. Cependant si la mesure que l'on effectue résulte de la comparaison de deux grandeurs qui sont des fonctions de formes différentes de l'intensité, par exemple Ki et $K'i^2$, comme dans le cas de la détermination de l'ampère international, l'existence de ces irrégularités peut introduire une erreur relative pouvant atteindre ou même dépasser 10^{-6}.

Le premier montage, qui a permis de mettre ces irrégularités en évidence, utilise la grande sensibilité des magnétrons au voisinage du champ critique. Celui que nous avons utilisé comportait une cathode à chauffage indirect et une anode non fendue, cylindrique, de 1^{cm} de rayon, qui, sous 240 volts, nécessitait un champ critique de l'ordre de 100 gauss. Dès lors la méthode est à l'abri des variations rapides du champ magnétique terrestre naturelles et même industrielles, en général inférieures à 10^{-4} gauss à l'Institut de Physique du Globe, à Paris, où nous opérions. Les irrégularités décelées dans le champ de fonctionnement de 100 gauss, et qui atteignaient plusieurs millièmes de gauss, étaient donc bien dues au courant d'alimentation du solénoïde producteur de ce champ, malgré les soins particuliers qui avaient été pris : batterie d'alimentation Fe-Ni et résistance liquide de réglage à grandes surfaces d'électrodes, connexions soudées.

Des contacts Cu-Cu, même serrés à bloc, ont introduit des irrégularités décelables ; des contacts Cu-Al et Al-Al, d'abord bons, n'ont pas tardé à devenir très mauvais. L'huilage frais des contacts a constitué une précaution très efficace, permettant d'utiliser à nouveau un rhéostat à curseur [3].

Quant aux accumulateurs, les irrégularités qu'ils introduisent sont de l'ordre

---

(1) Séance du 27 décembre 1944.

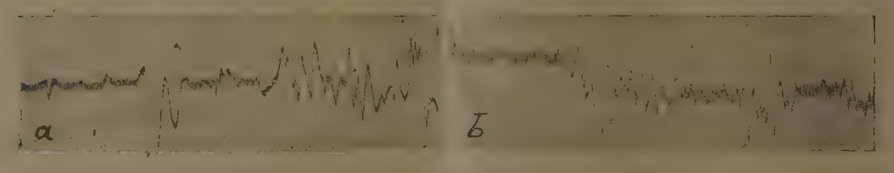
(2) Jean Benoit, *Journal de Physique*, 5, 1944, ix, p. 214.

(3) *Journal de Physique*, 7e série, 2, 1931, p. 69.

de celles qui découlent naturellement de la suite des chaînes existant entre leurs bornes.

Les irrégularités observées étant extraites (par transformateur et galvanomètre) du circuit d'anode des magnétrons, il convenait de vérifier qu'elles n'étaient pas dues à ceux-ci. Une étude détaillée du fonctionnement de ces magnétrons nous avait déjà montré que les singularités pouvant être introduites par eux sont d'un ordre tout différent ([4]).

Pour plus de certitude nous avons réalisé un deuxième type de montage sans magnétron, dans lequel un galvanomètre à courte période était branché en pont entre les circuits de décharge de deux batteries d'accumulateurs de 30 volts, débitant plusieurs ampères. Ces courants de décharge étant réglés de telle sorte que le courant moyen traversant le galvanomètre soit nul, ce dernier a indiqué, bien qu'avec moins de sensibilité que dans le montage avec magnétron, des irrégularités tout à fait analogues. Les irrégularités n'étaient plus



a, enregistrement avec magnétron; *b*, sans magnétron.
Déroulements d'environ 20 cm par minute.

décelées (et ce n'était pas seulement par manque de sensibilité) quand les intensités moyennes utilisées descendaient aux environs de 10^{-1} ampère. Il semble donc que l'importance, même relative, de ces irrégularités décroisse avec le courant.

Ces phénomènes se rattachent à des questions étudiées par divers auteurs ([5]) concernant les contacts électriques. Les études de Bruninghaus ([3]) sur les propriétés conductrices des huiles en couches très minces, et sur les conditions très instables marquant le passage de l'état conducteur à l'état isolant, sont bien confirmées par nos expériences.

Les théories généralement admises sur l'effet *tunnel* et sur l'effet de *pont*, ainsi que sur l'effet Johnsen-Rahbek, paraissent pouvoir fournir des explications plausibles des phénomènes que nous avons observés.

([4]) E. Selzer, *Comptes rendus*, 214, 1944, pp. 499 et 589.
([5]) R. Holm, *Die technische Physik der elektrischen Kontakte*, Berlin, 1941.

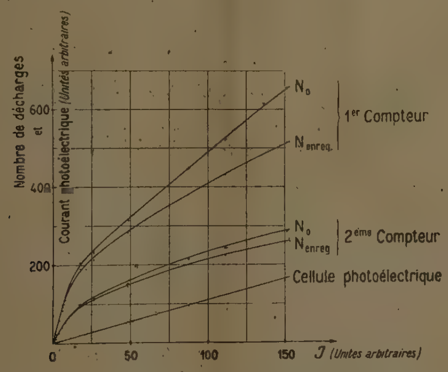
PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Variation du nombre de décharges en fonction du flux lumineux dans les compteurs de photons.* Note [1] de M. **Joseph Mattler**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les caractéristiques que nous avons tracées sont relatives à des photocompteurs à cathode plane en CuI, remplis de vapeur d'alcool éthylique à la pression de 10^{mm} de mercure.

Les décharges des compteurs attaquent un amplificateur à deux étages. Dans le circuit plaque de la lampe de sortie est branché un compteur téléphonique totalisateur des décharges.

Les expériences ont été faites en lumière monochromatique et les variations du flux incident sur les photocompteurs ont été obtenues à l'aide d'une série de diaphragmes placés sur la lentille collimatrice du montage optique, ou en agissant sur l'intensité du courant électrique qui alimente la source de lumière (tube à hydrogène). Les deux méthodes de gradation, soigneusement étalonnées au préalable, ont été combinées, ce qui nous permit de réaliser des fortes variations du flux (1 à 150).

Les résultats des mesures effectuées avec deux compteurs sont représentés graphiquement sur la figure.



$N_{enreg.}$, nombre de décharges par minute enregistrées au totaliseur; N_0, nombre réel de décharges par minute, compte tenu du temps mort du totaliseur. Déduction a été faite de $N_{enreg.}$ et de N_0 des décharges données par les compteurs en l'absence de tout rayonnement.

On voit que pour les faibles variations du flux (1 à 10) il y a proportionnalité entre $N_{enreg.}$ et $\mathcal{J}$, mais, pour des variations plus grandes, les caractéristiques sont nettement incurvées.

Nous pensions attribuer cette incurvation au temps mort du totalisateur mécanique des impulsions. La durée d'une décharge dans le photocompteur est

(1) Séance du 8 janvier 1945.

en effet très courte, les constantes de temps des différents étages de notre amplificateur sont également faibles; d'autre part la grande résistance montée en série dans le circuit du compteur n'était que de 10^8 ohms, et même moins dans certaines de nos expériences. Pratiquement c'est donc le totalisateur qui limite le nombre maximum de décharges que l'on peut enregistrer par minute. Si une décharge suit la précédente en un temps inférieur au temps mort τ du totalisateur elle n'est pas enregistrée par ce dernier. Or, même pour les faibles densités d'impulsions, il existe toujours une certaine probabilité pour que l'intervalle entre deux impulsions soit plus petit que τ, de sorte que l'on enregistre constamment une quantité de décharges inférieure au nombre réel N_0. Mais, comme elles sont distribuées sur l'axe des temps suivant l'équation de Poisson [2], on peut calculer la fraction perdue pour l'enregistrement.

$N_{\text{enreg.}}$ et N_0 sont liés par la relation suivante: $N_{\text{enreg.}} = N_0\, e^{-N_0\tau}$, car il y a $N_0\, e^{-N_0\tau}$ intervalles plus grands que τ [3]. $N_{\text{enreg.}}$ passe par un maximum pour $N_0 = 1/\tau$, ce qui donne $N_{\text{max.}} = 1/e\tau$. Or le nombre maximum de décharges enregistrables par le totalisateur peut être déterminé expérimentalement, de sorte que τ est connu. Dans notre cas, $N_{\text{max.}} = 1000/\text{min.}$ et par suite $\tau = 2{,}2.10^{-2}$ sec.

Il est donc possible de calculer, à l'aide de la formule précédente, le nombre réel de décharges à partir du nombre enregistré. Le redressement des caractéristiques qui en résulte est notable, surtout pour les valeurs élevées de N, mais elles ne deviennent pas rectilignes.

Il n'est pas possible non plus d'incriminer un mauvais fonctionnement de notre amplificateur. Une étude à l'oscillographe cathodique nous a montré que toutes les décharges de photocompteur sont bien transmises au totalisateur. Leur durée est très courte comme il fallait s'y attendre, sauf pour une toute petite fraction d'entre elles qui s'étalent sur un temps notable.

Dans le but de vérifier si l'incurvation ne provenait pas d'un appauvrissement de la cathode en photoélectrons pour les flux intenses, nous avons transformé un de nos compteurs en cellule photoélectrique normale à vide, mais la caractéristique courant-lumière de cette dernière est bien linéaire (voir la figure).

L'incurvation des caractéristiques, n'étant pas d'origine photoélectrique ni instrumentale, semble donc en définitive uniquement attribuable aux phénomènes qui se produisent à l'intérieur même des compteurs. On peut, par exemple, supposer une diminution de l'efficacité de ces derniers lorsque le nombre de photoélectrons augmente. Dans ce cas la nature et la pression du gaz interne, la longueur d'onde de la lumière excitatrice et probablement aussi la haute tension appliquée aux compteurs devraient jouer un rôle important quant à la forme des courbes.

---

(2) A. Blanc-Lapierre, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 188.

(3) H. Volz, *Zeits. f. Physik*, 93, 1935, p. 539.

La mesure avec ces photocompteurs de rayonnements β ou γ et l'étude des décharges et des caractéristiques obtenues avec ces mêmes rayons permettraient sans doute de préciser le mécanisme interne et de trouver une hypothèse convenable pour expliquer la forme des caractéristiques.

Lorsque les compteurs photoélectriques sont employés comme instruments de mesure, il est indispensable d'établir auparavant ces caractéristiques, à moins de ne travailler que dans la portion rectiligne en associant au compteur un écran neutre (par exemple une grille noircie, de transmission connue une fois pour toutes) lorsque les variations des flux à mesurer dépassent 10, ce qui est fréquemment le cas.

Une équation de la forme $N = A\mathcal{J}^n$ (A constante, n coefficient inférieur à 1) ne permet pas non plus de traduire les résultats trouvés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des chlorobromures du titane tétravalent. Spectre Raman du chlorure, du bromure et des chlorobromures du titane tétravalent.* Note [1] de Mlle **Marie-Louise Delwaulle** et M. **Félix François**, présentée par M. Charles Fabry.

L'existence de chlorobromures du titane a été signalée par Friedel et Guérin [2]. Ces auteurs ont cherché à préparer $TiCl^3Br$ par action du brome sur $TiCl^3$ et $TiCl^2Br^2$ par action du brome sur $TiCl^2$. Les produits obtenus, disent-ils, contiennent effectivement du chlore et du brome, mais ils ne répondent pas aux formules escomptées et sont probablement constitués par des mélanges infractionnables de chlorobromures.

Il nous semble que ce travail ne constitue pas une preuve suffisante de l'existence des chlorobromures du titane tétravalent, les mélanges obtenus pouvant n'être constitués que par les deux halogénures purs.

Nous avons repris la question, en opérant par simple mélange des deux halogénures purs. La constitution des liqueurs ainsi obtenues a été mise en évidence au moyen de l'effet Raman.

L'étude des spectres des chlorobromures de carbone, des chlorobromures de silicium, des chlorobromures stanniques déjà réalisée par nous [3], nous permet, par analogie, d'identifier par leur spectre les chlorobromures de titane.

Les spectres des mélanges étudiés présentent, outre les raies des halogénures purs, des fréquences nouvelles et, si l'on considère l'intervalle compris entre

---

(1) Séance du 15 janvier 1945.

(2) *Ann. Chim. et Phys.*, 3e série, **8**, 1876, p. 24.

(3) *Comptes rendus*, **214**, 1942, p. 226; **219**, 1944, pp. 64 et 335.

les fréquences les plus symétriques des halogénures purs, on voit apparaître, régulièrement réparties, trois nouvelles fréquences. Ce sont des raies fines, qui peuvent être, dans des mélanges convenables, très intenses et qui sont presque complètement polarisées.

Ces fréquences sont certainement les fréquences les plus symétriques des trois chlorobromures, et leurs intensités relatives nous permettent de nous faire une idée approximative de la composition des mélanges étudiés.

La réponse au problème chimique de l'existence des chlorobromures de titane est donc la suivante. Les trois chlorobromures peuvent être obtenus par simple mélange du chlorure et du bromure de titane. Ils existent en équilibre les uns avec les autres et avec les halogénures purs, mais il est impossible de les séparer.

De ce point de vue l'analogie avec l'étain est frappante.

Nous avons d'ailleurs, ce qui était indispensable, déterminé les spectres Raman des halogénures purs et des chlorobromures.

Le spectre du chlorure de titane était connu, mais, grâce au pouvoir séparateur de notre spectrographe, nous avons constaté que sa quatrième raie était en réalité un doublet.

Le spectre de $TiBr^4$ n'était pas connu : il a bien les mêmes caractères que celui de $TiCl^4$. La teinte jaune de $TiBr^4$ nous a obligés à utiliser comme radiation excitatrice 5460 Å et le pouvoir séparateur de l'appareil est moins bon. Nous pensons, sans l'affirmer, que sa quatrième raie est ausssi un doublet.

Pour l'identification des fréquences des chlorobromures nous avons opéré comme dans l'étude des chlorobromures stanniques. Les liqueurs étant jaunes, nous avons dû utiliser comme radiation excitatrice 5480 Å, ce qui, avec les plaques dont nous disposions, nous a conduits à de très longs temps de pose. L'étude de la dépolarisation des raies entraînerait des temps de pose trop considérables; nous ne l'avons faite que pour la raie la plus symétrique de chacun des chlorobromures.

Les spectres de $TiCl^3Br$ et $TiClBr^3$ doivent comporter six fréquences.

En ce qui concerne $TiCl^3Br$, trois fréquences sont faciles à pointer. Les autres ne se séparent pas des fréquences trop voisines de $TiCl^4$. Mais leur existence est rendue évidente par des modifications très nettes de l'intensité de ces dernières fréquences.

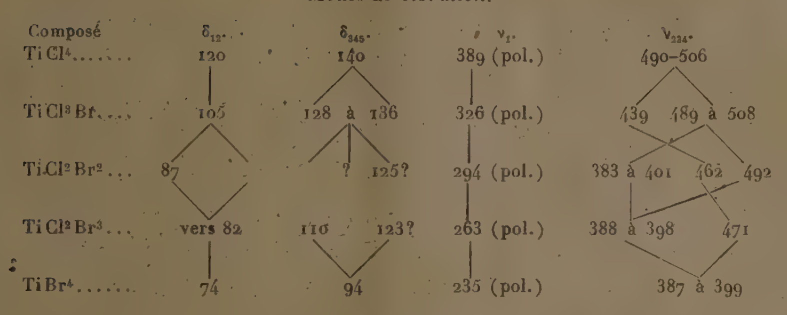
Pour $TiClBr^3$ également, trois fréquences sont faciles à pointer et un peu d'imprécision subsiste pour la détermination des trois autres.

$TiCl^2Br^2$ doit avoir un spectre de neuf raies. Six seulement sont identifiables. Les autres ne peuvent être séparées des raies voisines des autres halogénures.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-contre.

Fréquences en cm^{-1}.

Modes de vibration.



Composé	δ_{12}.	δ_{345}.	ν_1.	ν_{234}.
$TiCl^4$.......	120	140	389 (pol.)	490-506
$TiCl^3Br$......	105	128 à 136	326 (pol.)	439 489 à 508
$TiCl^2Br^2$...	87	? 125?	294 (pol.)	383 à 401 462 492
$TiClBr^3$...	vers 82	110 123?	263 (pol.)	388 à 398 471
$TiBr^4$.......	74	94	235 (pol.)	387 à 399

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isologues oxygénés et soufrés d'hydrocarbures de la série du stilbène.* Note de MM. **Buu-Hoï** et **Hiong-Ki-Wei**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le stilbène constitue le squelette fondamental d'un très grand nombre de substances œstrogènes (diéthylstilbœstrol, triphényléthylène). D'autre part on connaît les relations étroites qui existent entre hormones œstrogènes naturelles ou artificielles et cancer. En se basant sur les résultats obtenus dans le domaine des hydrocarbures polycycliques [1], on pouvait se demander s'il ne serait pas intéressant de rechercher des substances physiologiquement peu actives ou inactives, mais dont la configuration moléculaire mimerait celle des corps œstrogènes, et qui pourraient agir en *antagonistes* de ces derniers [2]. Nous avons été ainsi amenés à préparer des isologues oxygénés ou soufrés d'hydrocarbures stilbéniques. La méthode de synthèse utilisée est classique; elle consiste à déshydrater les carbinols tertiaires obtenus en faisant agir des organomagnésiens sur des cétones convenablement choisies.

L'action du chlorure de benzylmagnésium sur le benzoyl-2-furane (I) conduit ainsi, par l'intermédiaire du benzyl-phényl-furyl-2-carbinol (II), à l'α-furyl-2-stilbène (III) :

$$\underset{\text{(I)}}{C_4H_3O-CO-C^6H^5} \xrightarrow{ClMgCH^2C^6H^5} \underset{\text{(II)}}{C_4H_3O-C(OH)(C^6H^5)-CH^2-C^6H^5} \xrightarrow{-H^2O} \underset{\text{(III)}}{C_4H_3O-C(C^6H^5)=CH-C^6H^5}$$

A partir du benzoyl-2-thiophène (IV) et du même magnésien, nous avons

---

([1]) Voir entre autres Lacassagne, Buu-Hoï et Rudali, *British J. of Pathology*, **25**, 1945, p. 5.

([2]) Voir entre autres *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 589.

obtenu l'α-thiényl-2-stilbène (V); les deux composés (III) et (V) sont

S —CO—C^6H^5 (IV) → S —C(—C^6H^5)═CH—C^6H^5 (V) ; S —C(—C^6H^5)═CH—$C_{10}H_7$ (VI)

isologues du triphényléthylène ([3]). La cétone (IV), opposée au chlorure d'α-naphtométhyl-magnésium, a conduit à l'α-phényl-α-thiényl-β-naphtyl-1-éthylène (VI). A partir de l'éthyl-phénylacétyl-2-thiophène (VII), on a

S —CO—CH(C^2H^5)—C^6H^5 (VII) → S —C(C^2H^5)═C(C^2H^5)—C^6H^5 (VIII) ; S —C(C^6H^5)═C(C^2H^5)—C^6H^5 (IX)

obtenu, avec le bromure d'éthylmagnésium, l'α-β-diéthyl-α-phényl-β-thiényl-2.éthylène (VIII) et, avec le bromure de phénylmagnésium, l'α-éthyl-α-β-diphényl-β-thiényl-2-éthylène (IX); le carbure (VIII) est un isologue de la charpente du diéthylstilbœstrol. Avec la cétone (VII) et le chlorure de benzylmagnésium, on a abouti à l'α-éthyl-α-phényl-β-benzyl-β-thiényl-2-éthylène (X). Enfin, à partir de la tertiobutyl-thiényl-2-cétone (XI) et du

S —C(CH^2—C^6H^5)═C(C^2H^5)—C^6H^5 (X) ; S —CO—C(CH^3)(CH^3)(CH^3) (XI) → S —C(C(CH^3)^3)═CH—C^6H^5 (XII)

chlorure de benzylmagnésium, il a été préparé l'α-phényl-β-tertiobutyl-β-thiényl-2-éthylène (XII).

Ces divers isologues oxygénés et soufrés d'hydrocarbures stilbéniques semblent être très peu œstrogènes et convenir par là-même à des expériences d'*antagonisme*. Ces études sont en cours.

Mode expérimental. — 1° *Préparation de l'α-furyl-2-stilbène* (III) $C^{18}H^{14}O$. Le benzoyl-2-furane ([4]) a été préparé en faisant agir le chlorure de pyromucoyle ($É_{760}$ 170-171°) sur le benzène en présence de Cl^3Al à froid pendant 48 heures. Cette cétone est traitée en milieu éthéré par un excès notable de chlorure de benzylmagnésium, ce qui fournit le carbinol (II) $C^{18}H^{16}O^2$ sous la forme d'une huile épaisse, incolore, bouillant à 202-203° sous 3^{mm}. Ce carbinol (assez stable à l'air et à la lumière) est traité par un grand excès

([3]) D'après Schönberg, le triphényléthylène est œstrogène à la dose de 1^{mg}; or il semble que les corps (III) et (V) ne le sont pas encore à la dose de 10^{mg}.

([4]) Déjà obtenu par Marquis (*Comptes rendus*, **129**, 1900, p. 111).

d'acide formique pur au bain-marie une demi-heure, ce qui donne (III), sous forme d'une huile jaune pâle $É_{15}$ 210-215°, se résinifiant très aisément avec brunissement (très mauvais rendements). 2° *Préparation de l'α-thiényl-2-stilbène* (V) $C^{18}H^{14}S$. 10ᵍ de benzoyl-2-thiophène (5) ($É_{13}$ 162°) ont été traités par 16ᵍ de chlorure de $MgCH^2C^6H^5$; le carbinol obtenu n'a pas été séparé, et est déshydraté par l'acide formique en (V), qui distille à 195° sous $1^{mm},5$, et cristallise de l'alcool en longues aiguilles brillantes F 68°, très solubles dans le benzène, peu dans l'alcool. 3° (VI) $C^{22}H^{16}S$: fines aiguilles prismatiques, incolores, très peu solubles dans l'alcool, très solubles dans les hydrocarbures aromatiques, fondant à 162°, et distillant à 265° sous 11^{mm}. 4° (VIII) $C^{16}H^{18}S$: l'éthyl-phénylacétyl-2-thiophène (6) a été préparé en faisant agir le bromure d'éthyle sur le phénacétyl-2-thiophène $C^6H^5CH^2-CO-C^4H^3S$ préalablement sodé par l'amidure de sodium en milieu benzénique. Il bout à 200° sous 18^{mm} et fond à 75° (Victor Meyer a indiqué F 74°). L'action du bromure d'éthylmagnésium en excès conduit à un carbinol huileux qui est déshydraté par l'acide formique (notons que dans toutes les déshydratations de carbinols tertiaires à noyau thiophène par l'acide formique, il se produit des colorations successives allant du bleu au vert et au rouge); (VIII) est une huile ambrée, d'odeur aromatique, relativement fluide, et distillant à 210-212° sous 18^{mm}. 5° (XI) $C^{20}H^{18}S$: ici encore, on n'a pas isolé le carbinol, qui est soumis aussitôt à la déshydratation formique : on obtient une huile très épaisse, faiblement jaunâtre, distillant à 200° sous 9^{mm}, et ne cristallisant pas; l'odeur aromatique ressemble à celle du triphényléthylène. 6° (X) $C^{21}H^{20}S$. C'est une huile extrêmement visqueuse, faiblement jaunâtre, distillant vers 210° sous 9^{mm}, et ne cristallisant pas, même après plusieurs semaines à 0°. 7° *Cétone* (XI) $C^8H^{12}OS$. Cette cétone, non décrite dans la littérature, a été obtenue en traitant l'isopropyl-thiényl-2-cétone par l'amidure de sodium en milieu benzénique, puis en faisant agir l'iodure de méthyle sur ce dérivé sodé; c'est un liquide incolore, fluide, d'odeur aromatique agréable, distillant à 116° sous 15^{mm}. 8° (XII) $C^{16}H^{18}S$. L'action du chlorure de benzylmagnésium sur la cétone précédente conduit à un carbinol $C^{16}H^{20}OS$ (huile visqueuse incolore, $É_{14}$ 182-184°) qui est déshydraté comme d'habitude en (XII) : c'est un liquide faiblement ambré, d'odeur aromatique, distillant à 169-170° sous 14^{mm}, et de consistance fluide. Les rendements sont excellents en série thiophénique. Voici quelques indices de réfraction : corps (VIII) $n^{24°,5}$ 1,5870; corps (XII) $n^{24°}$ 1,5856.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode de préparation du nitrile β-phénylpropionique.* Note de M. **Paul Cordier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant besoin pour une étude ultérieure de nitrile β-phénylpropionique, nous avons mis au point un procédé de préparation qui nous a paru présenter de réels avantages et qui nous a permis d'accéder à ce composé avec de bons rendements.

Le principe de la méthode consiste à décarboxyler par chauffage l'acide benzylcyanacétique, dont Hessler (1) a signalé la propriété de donner par décomposition le nitrile phénylpropionique.

(5) Déjà préparé par Comey (*Ber. d. chem. Ges.*, 17, 1884, p. 790).

(6) Voir Victor Meyer, *Die Thiophengruppe* (Braunschweig, 1888), appendice.

(1) *Ann. Chem. Journ.*, 22, 1899, p. 177.

1° Nous avons essayé de préparer l'acide benzylcyanacétique en utilisant le procédé employé par Hessler ([1]), l'ester correspondant étant obtenu par condensation du chlorure de benzyle avec le cyanacétate d'éthyle en présence d'alcoolate de sodium.

Malgré les différents essais réalisés, nous avons obtenu après réaction et isolement un mélange qui, distillé, donne une faible quantité d'ester benzylcyanacétique ($É_{12}$ 175-185°) et une forte proportion d'ester dibenzylcyanacétique ($É_{12}$ 225-230°), résultats en accord avec ceux de l'auteur précédent; cette méthode est surtout intéressante pour l'obtention de l'acide dibenzylcyanacétique. Nous avons de plus constaté qu'il était possible d'obtenir les deux acides, benzyl- et dibenzylcyanacétique, en effectuant sur le mélange brut de leurs deux esters une saponification à froid par une solution de potasse alcoolique; il se forme très rapidement un précipité des deux sels de potassium; après isolement et dissolution aqueuse de ce précipité on peut, après acidification, séparer les deux acides par différence de solubilité, l'acide dibenzylcyanacétique étant très peu soluble dans l'eau.

2° Nous avons songé à tenter la préparation de l'acide benzylcyanacétique en hydrogénant l'acide benzylidènecyanacétique; ce corps s'obtient aisément par la méthode de Fiquet ([2]), basée sur la condensation de l'aldéhyde benzoïque avec l'acide cyanacétique. Nous inspirant de travaux antérieurs et plus récents ([3]) sur cette question, nous avons modifié le procédé dans les conditions suivantes.

Nous avons préparé du cyanacétate de potassium par saponification du cyanacétate d'éthyle à froid en milieu alcoolique; en traitant ce corps par un excès de potasse dans l'alcool à 95°, on constate presque immédiatement la formation d'un précipité cristallin sans qu'il y ait échauffement du mélange, précipité dû à la combinaison potassique du cyanacétate d'éthyle; très rapidement il ne tarde pas à disparaître et peu à peu se forment des cristaux de cyanacétate de potassium, en même temps qu'il y a un notable dégagement de chaleur; quand la précipitation est complète, au bout de quelques minutes, on dilue la masse avec de l'alcool à 95°, filtre et essore le précipité.

Le sel de potassium ainsi obtenu est condensé immédiatement avec l'aldéhyde benzoïque en milieu hydroalcoolique (70° environ), en présence d'une petite quantité de potasse; la réaction, très vive, est exothermique et, dès l'introduction de la solution alcaline alcoolique, on obtient un abondant précipité; après refroidissement le mélange est dilué avec de l'alcool à 95° et filtré. Le rendement par rapport au cyanacétate d'éthyle est de 85 % (soit 18g de benzylidènecyanacétate de potassium pour 11g,30 d'ester cyanacétique).

([2]) *Ann. Chim.*, 6e série, **29**, 1893, p. 442; *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **7**, 1892, p. 11.
([3]) *Synth. Organ.*, 1935, p. 35.

3° Ce sel de potassium est très instable en milieu alcalin et, même à froid, se décompose en régénérant l'aldéhyde benzoïque et le cyanacétate. Nous en avons réalisé l'hydrogénation par l'amalgame de sodium en milieu hydroalcoolique en ayant soin de maintenir le milieu légèrement acide par additions progressives d'acide chlorhydrique; nous avons utilisé 3 fois plus d'amalgame à 3 % que la quantité théorique. Après réaction on neutralise le liquide et évapore l'alcool au bain-marie; ayant refroidi, on acidifie franchement avec de l'acide chlorhydrique et épuise avec de l'éther; la liqueur éthérée est agitée avec une solution de carbonate acide de potassium; l'acidification de cette liqueur alcaline donne une huile qui cristallise au bout de quelque temps; par extraction éthérée on obtient la fraction restée en solution. Nous avons obtenu ainsi l'acide benzylcyanacétique avec un rendement de 85 %; le point de fusion (100-101°) correspond à celui indiqué par Hessler.

4° L'acide benzylcyanacétique décomposé au bain de sable vers 155-160° laisse un résidu liquide constitué par le nitrile phénylpropionique E_{11} 132°, rendement 65 %.

Nous avons constaté que ce nitrile est aisément transformé en amide correspondant par traitement par l'acide sulfurique concentré, le contact avec cet acide étant maintenu pendant 48 heures; par précipitation par l'eau nous avons obtenu un composé cristallisé azoté dont le point de fusion après cristallisation dans l'eau correspond à celui de l'amide β-phénylpropionique (F 102°).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Variation, au cours du cycle solaire, de l'intervalle de temps entre les éruptions chromosphériques et les perturbations magnétiques terrestres.* Note de M. **Pierre Bernard**, présentée par M. Charles Maurain.

L'existence d'une relation de cause à effet entre les éruptions chromosphériques et les perturbations magnétiques terrestres étant rendue probable par plusieurs cas particuliers nettement observés ([1]), j'ai cherché, en utilisant la série continue des enregistrements magnétiques de Chambon-la-Forêt (1936-1944) et les listes d'éruptions publiées de 1935 à 1944 dans le *Bulletin for character figures of solar phenomena*, à identifier l'éruption responsable de chaque agitation magnétique dont le début apparaît distinctement sur les courbes d'enregistrement. L'identification des éruptions est basée surtout sur leur étendue et leur intensité, et parfois sur la succession d'orages magnétiques à peu d'intervalle, qui conduit à rechercher une séquence analogue des éruptions; les correspondances ne présentent pas, dans chaque cas, de certitude

(1) Voir par exemple G. E. Hale, *Astrophys. J.*, 73, 1931, p. 379.

absolue, notamment par suite des lacunes dans l'observation du Soleil, mais elles peuvent être utilisées à des études statistiques dont les résultats moyens, obtenus à partir d'un grand nombre de cas, ont de fortes chances de correspondre à des phénomènes réels.

Le *retard* R du début de la perturbation magnétique sur celui de l'éruption s'est montré extrêmement variable d'un cas à l'autre, comme en témoigne le tableau ci-après, mais ses moyennes annuelles présentent une variation très régulière : de 40 heures en 1936, la moyenne tombe à 27 heures en 1938 et reste jusqu'en 1941 au voisinage de ce dernier chiffre, du même ordre que celui déterminé par une méthode différente par J. Coulomb et G. Dugast ([2]). R a donc présenté une valeur minima à peu près constante depuis le maximum de l'activité solaire jusqu'au milieu de la phase décroissante de cette activité.

Année.	Nombre de cas de valeurs de R inférieures à 20h.	de 20 à 30h.	de 30 à 40h.	de 40 à 50h.	supérieures à 50h.	Valeur moyenne de R.
1935 ([3])	0	4	11	14	12	44,6 h
1936	1	8	30	28	9	40,4
1937	2	29	52	14	9	35,6
1938	10	69	36	2	1	27,2
1939	19	57	19	9	0	26,7
1940	12	50	18	8	2	28,6
1941	15	51	9	6	0	24,8

Si l'on distingue les éruptions d'après leur importance dans l'échelle de 1 à 3 du *Bulletin*, on trouve un retard un peu plus faible pour les éruptions les plus importantes, mais la marche générale des trois séries est la même : en particulier, toutes trois présentent un léger maximum secondaire en 1940.

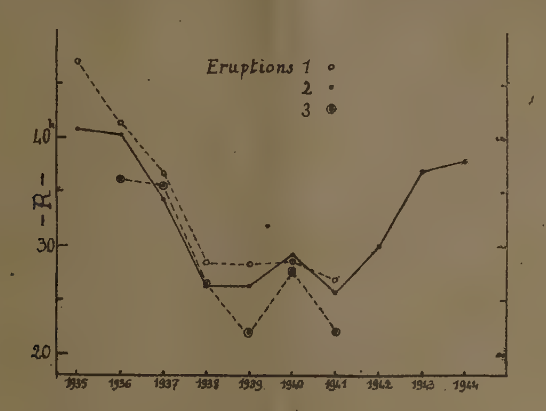
Afin de prolonger la série d'observations jusqu'au minimum des taches solaires de 1944, j'ai examiné les clichés du spectrohéliographe de Meudon, que M. d'Azambuja a bien voulu m'autoriser à consulter. Certaines des éruptions enregistrées sur ces clichés coïncident avec des renforcements des radioparasites atmosphériques de grande longueur d'onde; aussi la liste de ces renforcements ([4]) a-t-elle été utilisée pour compléter celle des éruptions. Les correspondances avec des perturbations magnétiques qui peuvent alors être relevées fournissent les valeurs moyennes de R suivantes : en 1942, 30h (28 correspondances); en 1943, 37h (22 cas); en 1944 (9 mois), 37h,9 (6 cas).

([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1557.

([3]) D'après les enregistrements magnétiques du Val-Joyeux.

([4]) R. Bureau, Note préliminaire n° 52 du *L. N. R.* Les correspondances retenues ont été jointes à celles des éruptions d'importance 2 pour l'étude statistique de R.

On voit sur la figure que la courbe a tendance à rejoindre, après 1944, la valeur de 1935, et que R a commencé à augmenter plusieurs années avant le minimum de l'activité solaire, ce qui vérifie un résultat antérieurement constaté



par M. Maurain ([5]), que l'intervalle de temps entre les paroxysmes d'activité solaire et les orages magnétiques devient, dans les années voisines du minimum des taches, sensiblement supérieur à sa valeur normale. D'autre part, il semble qu'on doive écarter une corrélation entre la diminution de R de 1935 à 1941 et la variation de la latitude héliographique des plages actives du Soleil, variation à laquelle certaines théories de l'agitation magnétique attachent beaucoup d'importance. En effet la latitude moyenne, sans considération d'hémisphère, des éruptions retenues dans la statistique précédente a été :

1935.	1936.	1937.	1938.	1939.	1940.	1941.	1942.	1943.	1944.
23°,3	21°,0	17°,3	15°,0	14°,5	11°,6	10°,2	7°,4	12°,0	20°

Cette latitude n'a cessé de diminuer qu'à partir de 1943, année où sont apparues les premières plages faculaires du nouveau cycle. De plus, la décroissance a été constante de 1935 à 1942, alors que la courbe de R marque une sorte de palier de 1938 à 1941.

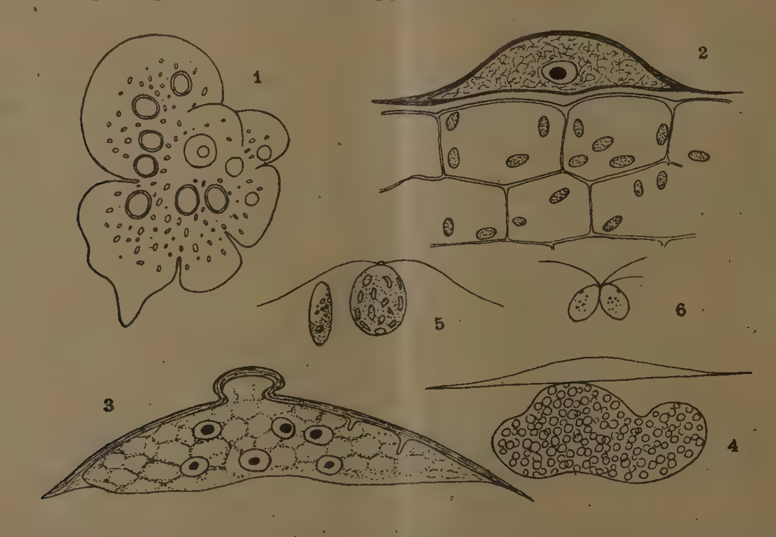
ALGOLOGIE. — *Sur un genre nouveau de Chlorophycées épiphyte d'eau douce* (Ectogerron Elodeæ *nov. gen.*, *nov. sp.*). Note de M. **Pierre Dangeard**.

L'Algue que nous décrivons est un exemple assez remarquable d'une adaptation à l'épiphytisme : elle a été découverte sur les feuilles d'*Elodea canadensis*

([5]) *Ann. Inst. Phys. du Globe*, 5, 1927, p. 91.

où elle forme de petits thalles d'un vert foncé fixés sur la marge du limbe. Elle peut s'observer plus rarement sur la tige de l'*Elodea* et sur divers *Lemna*, dont le *L. trisulca*.

Dans son état le plus jeune le thalle est une simple cellule aplatie et arrondie, fixée étroitement par l'une de ses faces sur le support et renfermant un chromatophore vert avec pyrénoïde amylifère très apparent et un noyau nucléolé très petit. L'Algue se développe en gardant son noyau unique et son chromatophore, qui s'accroît et multiplie le nombre de ses pyrénoïdes. Tout en augmentant de taille, le thalle conserve sa forme générale de disque ou plutôt de calotte ou de dôme surbaissé, et il demeure adhérent au support, par toute sa surface basale aplatie. Cependant son contour ne reste pas circulaire, mais il devient plus ou moins irrégulier et lobé (*fig.* 1), avec un diamètre qui peut atteindre 100 ou 120 μ. Le contenu demeure très dense, dépourvu de vacuoles apparentes, d'un vert foncé, et il semble n'exister qu'un seul chromatophore, à structure de réseau compact, pourvu de 20 ou 30 pyrénoïdes.



Un caractère important est la présence d'un prolongement du thalle, analogue à une sorte de rhizoïde et pénétrant légèrement dans la membrane de l'*Elodea*. Par ailleurs il existe une opposition fort nette entre la différenciation de la membrane sur les deux faces de l'organisme. La paroi externe, opposée à la base de fixation, est épaisse, irrégulière, bosselée et divisée par des rentrants qui dessinent des lignes enveloppantes sinueuses; elle affecte dans son ensemble la forme d'une sorte de bouclier, ou encore d'un couvercle muni d'un rebord lamelleux, comme on le voit sur la vue de profil (*fig.* 2 et 3). La membrane basale appliquée contre la feuille d'*Elodea* est beaucoup plus simple, peu épaisse

et lisse; ses propriétés semblent d'autre part différentes, comme nous le verrons en étudiant le mode d'ouverture des sporanges. Il existe, en dehors de l'amidon, un produit de réserve formé de petits corps très réfringents et de formes variées, situés dans de petites vacuoles colorables par le rouge neutre. La membrane est riche en composés pectiques et la présence de cellulose n'a pu être constatée que sur les thalles âgés.

La reproduction a lieu par des zoospores ou par des aplanospores formées en grand nombre à l'intérieur des thalles, qui se transforment en totalité, à un certain moment, en sporanges. Le nombre des zoospores formées peut dépasser la centaine et leur production résulte d'un cloisonnement progressif. Les zoospores en mouvement, avant leur sortie, sont renfermées dans un sac hyalin à paroi gélifiée et gonflée, et la déhiscence a lieu par suite du soulèvement et du rejet sur le côté de la partie externe de la membrane, qui se détache comme un couvercle, soulevé par suite de la dilatation du sac sporangial (*fig.* 4); la vésicule contenant les zoospores s'ouvre ensuite par dissolution de sa paroi.

Les zoospores ressemblent un peu à de jeunes *Chlamydomonas* (*fig.* 5) : elles ont un contour ovalaire ou elliptique et portent deux cils égaux insérés à l'avant; leur corps est nettement aplati et il possède un chloroplaste en forme de bande pariétale et un stigma orangé.

Des gamétanges ont été observés, qui ne diffèrent des zoosporanges que par la production d'éléments ciliés plus petits et plus nombreux, moins colorés aussi que les zoospores et d'une teinte plus jaune. Ces gamètes donnent lieu à des copulations isogames ou parfois hétérogames (*fig.* 6).

La position systématique de l'*Ectogerron* paraît être au voisinage des *Chlorochytrium*. A la différence des espèces de ce dernier genre qui sont endophytes, l'*E. Elodea* est une Algue épiphyte bien caractérisée, chez laquelle un mode de vie particulier a entraîné une spécialisation morphologique très poussée dont il n'existe pas trace chez les *Chlorochytrium*.

Nous pouvons donc considérer le nouveau genre *Ectogerron* comme un représentant de la famille (ou de la sous-famille, suivant les auteurs) des Chlorochytriacées, caractérisé essentiellement par son habitat épiphyte, son thalle en bouclier irrégulier, mamelonné et incisé, sa membrane divisée en deux parties, région basale et couvercle, sa reproduction par des zoospores et par des gamètes.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des anions sur la pénétration de diverses substances basiques dans la cellule végétale.* Note de Mlle **Suzanne Bazin**, présentée par M. René Souèges.

Les travaux de J. Régnier et de ses collaborateurs [1] ont montré le rôle important des anions dans l'activité pharmacodynamique des sels d'alcaloïdes.

---

[1] J. Régnier et R. David, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1428; J. Régnier, R. David

Il était nécessaire de rechercher si ce rôle est en relation avec la capacité de pénétration intracellulaire des divers sels mis en expérience, et de vérifier si cette influence s'exerce vis-à-vis d'autres bases organiques de nature non alcaloïdique.

Le premier de ces problèmes a été étudié sur les cellules des feuilles d'*Elodea canadensis*, traitées par divers sels de cocaïne selon une technique déjà décrite (²). Le second a été étudié, avec différents sels de substances colorantes, d'une part sur les feuilles d'*Elodea canadensis*, en utilisant la technique précédente, d'autre part sur les cellules de *Chara*, en utilisant une technique mise au point par R. Collander (³).

a. L'action exercée par les sels de cocaïne sur les cellules d'*Elodea canadensis* se traduit par l'apparition dans les vacuoles de granulations réfringentes agitées de vifs mouvements browniens et par le ralentissement, puis l'arrêt, passager ou définitif selon les doses, des courants cytoplasmiques.

Si l'on considère les concentrations en base à partir desquelles se produit ce dernier phénomène, on obtient les résultats suivants : phénylbutyrate M/170, phénylpropionate M/170, chlorhydrate M/85, citrate M/34, gluconate M/13,6.

D'autre part on a étudié le pouvoir plasmolytique de ces substances sur les cellules d'*Elodea* : la plasmolyse commence à se manifester pour une concentration M/3 en gluconate, citrate et chlorhydrate. Mais la déplasmolyse commence beaucoup plus rapidement pour ce dernier sel. Quant aux phénylpropionate et phénylbutyrate, ils ne déterminent aucune plasmolyse et produisent, aux concentrations élevées (M et au delà), une destruction cellulaire rapide.

b. α. Les cellules d'*Elodea* ont été traitées par différents sels de rouge neutre et de brun Bismarck à des concentrations allant de M/25 à M/50000. Ces substances se comportent comme des colorants vitaux; elles pénètrent dans la cellule vivante et s'accumulent dans la vacuole. Mais la vitesse avec laquelle apparaît la coloration ne peut être évaluée avec précision, en raison particulièrement de la difficulté qu'il y a, d'un essai à l'autre, à comparer les teintes de cellules prises dans des feuilles différentes.

Par contre il est possible d'apprécier l'intensité des phénomènes toxiques produits par le contact prolongé avec ces substances. Ainsi, pour le brun Bismarck, à des concentrations à M/2500, le temps nécessaire (en minutes) pour obtenir l'arrêt complet des courants cytoplasmiques est de : phénylpropionate (1 à 50), isobutyrate (1,5 à 60), chlorhydrate (16 à 58), sulfate (23 à 68), citrate (28 à 58), succinate (28 à 89).

---

et R. Delange, *ibid.*, 202, 1936, p. 591. Pour les publications suivantes, voir *C. R. Soc. Biol.*, 1936, 1937, 1938, 1939, 1943.

(²) J. Régnier, R. David et S. Bazin, *C. R. Soc. Biol.*, 136, 1939, p. 227.

(³) R. Collander et E. Virtanen, *Protoplasma*, 31, 1938, p. 499.

Pour les sels de rouge neutre, le même ordre de toxicité a été trouvé.

β. En dosant le colorant contenu dans le suc extrait des cellules internodales de *Chara*, on peut apprécier la proportion de ce corps ayant pénétré dans la cellule. Cette étude a été faite pour les sels de rouge neutre et de brun Bismarck déjà utilisés et pour les mêmes sels de bleu Victoria.

Pour des concentrations extérieures des sels allant de M/25000 à M/1000, la concentration intracellulaire (exprimée en millimolécules de base par litre) varie, comme le montre le tableau suivant :

	Rouge neutre.	Brun Bismarck.	Bleu Victoria.
Phénylpropionate........	0,33 à 5	0,4 à 8	0,06 à 0,33
Isobutyrate..............	0,25 » 4	0,5 » 6,6	0,08 » 0,33
Chlorhydrate.............	0,10 » 2	0,3 » 5,5	0,08 » 0,50
Sulfate..................	0,10 » 2	0,28 » 2,8	0,08 » 1,25
Citrate..................	0,08 » 1,67	0,28 » 2,5	0,20 » 2
Succinate................	0,08 » 1,43	0,20 » 2,2	0,20 » 2

Conclusions. — 1° La pénétration dans la cellule végétale (*Elodea canadensis* et *Chara*) et l'action, sur la vie de cette cellule, de certaines bases organiques (alcaloïdes, matières colorantes) sont influencées par la nature des acides qui sont combinés aux bases.

2° Dans la plupart des cas (cocaïne, rouge neutre, brun Bismarck), les sels d'acides porteurs de groupements supplémentaires (CO^2H, OH) diminuent la pénétration intracellulaire; par contre les sels d'acides non porteurs de ces groupements l'augmentent.

3° A l'inverse des autres substances, les sels de bleu Victoria préparés avec des acides porteurs de groupements supplémentaires sont ceux qui pénètrent le plus facilement dans les cellules. Remarquons à ce propos que la base du bleu Victoria ne peut pas être assimilée exactement aux bases colorantes étudiées. D'une part c'est une molécule considérablement plus grosse, d'autre part c'est un colorant non plus de la vacuole, mais du chondriome.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Rôle d'un fluorescyanine-ferment dans la respiration cellulaire des Vertébrés inférieurs.* Note [1] de MM. **René-Guy Busnel, André Pelou** et **Michel Polonovski**, présentée par M. Paul Portier.

Dans les tissus des Vertébrés inférieurs, où nous en avons décelé l'existence [2], la fluorescyanine se présente comme un constituant d'un chromoprotéide très labile, qui libère son groupement prosthétique sous la moindre modification du pH, et même simplement par dissociation électrophorétique.

(1) Séance du 15 janvier 1945.

(2) *Comptes rendus*, 214, 1942, pp. 189-192.

Nous avons déjà insisté (3), en établissant la nature ptérinique de la fluorescyanine, sur le rôle qu'elle était susceptible de jouer dans les phénomènes d'oxydoréduction, du seul fait de sa réductibilité par l'hydrosulfite de sodium, réaction réversible au seul contact de l'oxygène de l'air. Son potentiel d'oxydoréduction, à 20°C. $\geqq -0{,}3$ volt, est plus élevé que celui de la riboflavine $-0{,}18$ volt [Hüttel et Sprengling (4), Kuhn et Boulanger].

C'est évidemment comme transporteur d'hydrogène que la fluorescyanine interviendrait dans les différents métabolismes. C'est ainsi, notamment, que nous expliquons son action dans les expériences que nous avons précédemment relatées (5), et dans lesquelles la fluorescyanine, en présence de coupes de cerveau de rat carencé en vitamine B_1, provoquait le même accroissement d'absorption d'oxygène et de dégagement de CO^2 que l'addition d'une quantité équivalente d'aneurine (test de Peters).

Les expériences que nous relatons aujourd'hui apportent une preuve décisive du rôle fermentaire de cette nouvelle substance (6). Nous avons mesuré, à cet effet, à l'aide de la méthode de Warburg, l'intensité respiratoire de différents tissus, en fonction de leur richesse en fluorescyanine-ferment. Nous nous sommes adressés aux écailles de Cyprinidés, les écailles dorsales abondamment pigmentées étant riches en fluorescyanine, dont sont au contraire dépourvues les écailles ventrales incolores. Une différence de composition de même nature existe aussi entre les écailles dorsales et ventrales du Cyprin doré et de l'Ide melanote, poissons dans lesquels, en outre, les mélanocytes disparaissent après les premiers âges.

Le tableau suivant met bien en évidence les écarts respiratoires importants observés entre les différents types d'écailles :

Espèce..............	Carpe.		Cyprin doré.	
Type d'écailles........	Dorsales.	Ventrales.	Dorsales.	Ventrales.
O^2 absorbé par g.-heure à 17°,5 C. (mm^3).	93	70	45	35

Afin de serrer ces résultats de plus près, et tenant compte de la localisation de la fluorescyanine dans les parties pigmentées de l'écaille, nous avons repris ces mêmes expériences en séparant les parties incolores des parties pigmentées des écailles dorsales. Les résultats sont les suivants :

Carpe. Partie pigmentée	des écailles dorsales......	174 mm^3 O^2	par g.-heure
» non pigmentée	»	34	»

(3) *Ibid.*, **217**, 1943, pp. 163-164.

(4) *Ann. der Chem.*, **554**, 1943, pp. 69-82.

(5) *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, pp. 366-367.

(6) Ces recherches avaient déjà été entreprises par l'un de nous, par la méthode diaférométrique de M. Noyons. La publication du travail de A.-K.-M. Noyons et R.-G. Busnel a été retardée par la guerre, puis suspendue par le décès de M. Noyons.

Nous avons enfin procédé aux mêmes déterminations en inhibant les ferments de nature métal-protéine par addition de cyanure de potassium et nous avons trouvé une respiration résiduelle relativement importante dans le seul cas des zones pigmentées.

Carpe. Partie pigmentée des écailles dorsales + KCN......	45^{mm^3}	par g.-heure
» incolore » »	0	»

On ne peut attribuer cette dernière absorption d'oxygène au riboflavine-ferment, que l'on ne rencontre qu'à l'état de traces négligeables par kilogramme de tissus et nous avons tout lieu de rapporter à la présence du chromoprotéide fluorescyanique cette respiration résiduelle, ainsi que l'excédent notable des échanges respiratoires normaux des écailles qui le contiennent.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1945.

Forêts et Déserts, par Cornélis Sagui. Extrait du *Bulletin de la Société d'Étude des Sciences naturelles de Vaucluse*, 1er et 2e trimestres 1944, nos 1 et 2. Avignon, Imprimerie Martin-Mourre, 1944; 1 fasc. 24cm,5.

Faune de l'Empire français. II. *Mammifères ongulés de l'Afrique noire*. Deuxième partie. *Tragulidés, Giraffidés, Suidés* (*Phacochère, Potamochère, Hylochère*), *Hippopotamidés* (*Hippopotame*), *Périssodactyles* (*Rhinocéros*), *Proboscidiens* (*Éléphant*), *Hyraciens* (*Damans*), par Paul Rode. Paris, Librairie Larose, 1944; 1 vol. 28cm,5 (présenté par M. L. Fage).

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France*. 43. *Insectes ectoparasites* (*Mallophages, Anoploures, Siphonaptères*), par Eugène Séguy. Paris, Paul Lechevalier, 1944; 1 vol. 25cm (présenté par M. L. Fage).

Délégation générale au Levant de la France combattante. Section géologique. *Carte lithologique de la bordure orientale de la Méditerranée*, par Louis Dubertret. Beyrouth, 1943; 1 vol. 20cm.

Id. *Carte géologique de la Syrie et du Liban au millionième* (2e édition), par Louis Dubertret. Beyrouth, 1941-1943; 1 fasc. 20cm.